

# **WO03101302**

Publication Title:

## **METHOD OF GENERATING A PREDETERMINED WAVE FIELD**

Abstract:

Abstract of WO 03101302

(A1) The invention relates to a method of generating a predetermined objective wave field in a medium using a first network of transducers (T<sub>1</sub>-T<sub>n</sub>). The inventive method consists in first using each transducer i of the first network to emit an approximation of the signal e<sub>i</sub>(t). Subsequently, each transducer of a second network of transducers (T'<sub>1</sub>-T'<sub>m</sub>) is used to emit an error signal corresponding to the time reversal of the difference between the signals captured from said first emission and objective signals. Finally, approximation e<sub>i</sub>(t) is corrected by subtracting the time reversal of the signal captured by each transducer i using the error signal.

---

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle**  
Bureau international



**(43) Date de la publication internationale**  
**11 décembre 2003 (11.12.2003)**

**PCT**

**(10) Numéro de publication internationale**  
**WO 03/101302 A1**

**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : A61B 7/02,** B06B 1/00, G10K 11/26, 11/34, A61B 8/15

**(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :**  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS [FR/FR]**; 3, rue Michel-Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

**(21) Numéro de la demande internationale :**  
**PCT/FR03/01617**

**(72) Inventeurs; et**

**(22) Date de dépôt international :** 28 mai 2003 (28.05.2003)

**(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :** **MONTALDO, Gabriel** [FR/FR]; 5, boulevard Gouvion St-Cyr, F-75017 Paris (FR). **FINK, Mathias** [FR/FR]; 6, rue E. Laferrière, F-92190 Meudon (FR). **TANTER, Mickael** [FR/FR]; 6, rue des Quatre Vents, F-75006 Paris (FR).

**(25) Langue de dépôt :** français

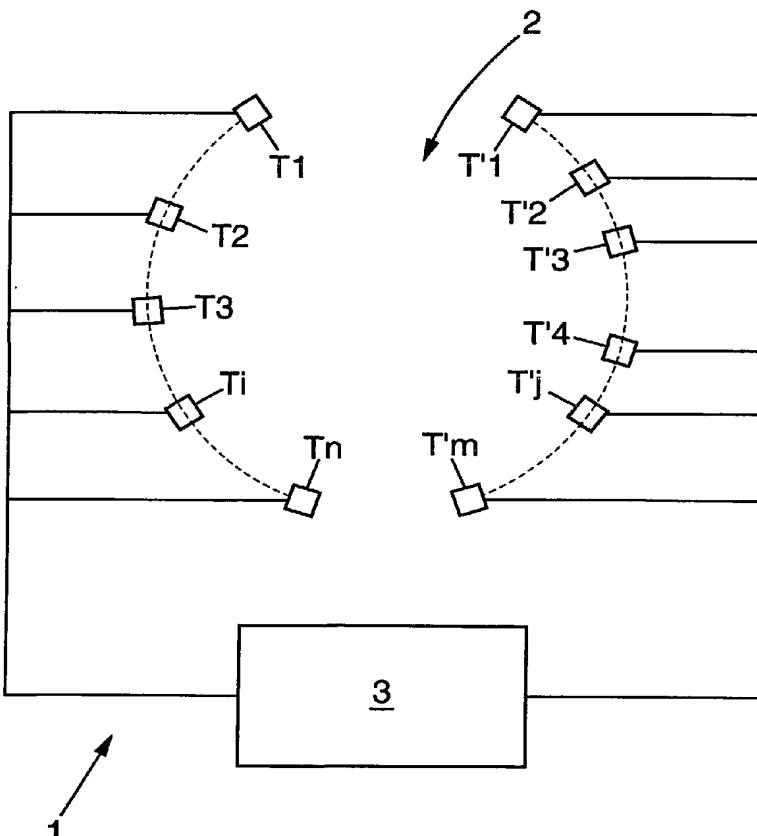
**(74) Mandataires :** **BURBAUD, Eric** etc.; Cabinet Plasseraud, 84, rue d'Amsterdam, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

**(26) Langue de publication :** français

*[Suite sur la page suivante]*

**(54) Title:** METHOD OF GENERATING A PREDETERMINED WAVE FIELD

**(54) Titre :** PROCEDE POUR GENERER UN CHAMP D'ONDES PREDETERMINE



**(57) Abstract:** The invention relates to a method of generating a predetermined objective wave field in a medium using a first network of transducers ( $T_1-T_n$ ). The inventive method consists in first using each transducer  $i$  of the first network to emit an approximation of the signal  $e_i(t)$ . Subsequently, each transducer of a second network of transducers ( $T'_1-T'_m$ ) is used to emit an error signal corresponding to the time reversal of the difference between the signals captured from said first emission and objective signals. Finally, approximation  $e_i(t)$  is corrected by subtracting the time reversal of the signal captured by each transducer  $i$  using the error signal.

**(57) Abrégé :** Procédé pour générer un champ d'ondes objectif prédéterminé dans un milieu au moyen d'un premier réseau de transducteurs ( $T_1-T_n$ ). On fait d'abord émettre par chaque transducteur  $i$  du premier réseau une approximation du signal  $e_i(t)$ . Ensuite on fait émettre par chaque transducteur d'un deuxième réseau de transducteurs ( $T'_1-T'_m$ ), un signal d'erreur correspondant à l'inversion temporelle de la différence entre les signaux captés à partir de cette première émission et des signaux objectifs. Enfin, on corrige l'approximation  $e_i(t)$  en lui soustrayant l'inversion temporelle du signal capté par chaque transducteur  $i$  à partir du signal

**WO 03/101302 A1**

*[Suite sur la page suivante]*



(81) **États désignés (national)** : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) **États désignés (regional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont requises

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

Procédé pour générer un champ d'ondes prédéterminé.

La présente invention est relative aux procédés pour générer des champs d'ondes prédéterminés dans un  
5 milieu.

Le champ d'ondes en question peut consister en une impulsion d'onde focalisée en un ou plusieurs points du milieu, ou il peut s'agir d'un champ spatio-temporel plus complexe.

10 Plus particulièrement, l'invention concerne un procédé pour générer un champ d'ondes objectif prédéterminé dans un milieu (homogène ou hétérogène) au moyen d'un premier réseau comprenant au moins un transducteur, ce procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de  
15 laquelle on détermine, en transmettant des ondes dans le milieu entre le premier réseau et un deuxième réseau comprenant au moins un transducteur (le deuxième réseau peut éventuellement comprendre des transducteurs communs avec le premier réseau), des signaux  $e_i(t)$  à émettre par  
20 chaque transducteur  $i$  du premier réseau pour générer ledit champ d'ondes prédéterminé dans le milieu.

Le document WO-A-02/32316 décrit un exemple d'un tel procédé, dans lequel l'étape d'apprentissage susmentionnée permet de déterminer des signaux à appliquer aux transducteurs du premier réseau pour focaliser une impulsion d'ondes respectivement sur chaque transducteur du deuxième réseau, ce qui permet ensuite de déterminer comment focaliser des impulsions d'ondes en d'autres points du milieu pour imager ce milieu par ondes ultrasons. Ce procédé connu donne toute satisfaction au plan de ses résultats, mais nécessite toutefois des moyens de calcul importants et implique en outre des temps de calcul assez longs au cours de l'étape d'apprentissage.

La présente invention a notamment pour but de pallier ces inconvénients.

A cet effet, selon l'invention, un procédé du genre en question est caractérisé en ce que l'étape 5 d'apprentissage comprend la séquence de correction suivante :

(a) faire émettre simultanément par chaque transducteur i du premier réseau un signal  $ei(t)$  déterminé par avance (ces signaux  $ei(t)$  peuvent initialement être 10 prédéterminés ou précédemment déterminés par voie expérimentale comme décrit ci-après, ou ces signaux peuvent résulter de l'étape (g) ci-dessous d'une itération antérieure de la séquence de correction) et permettant de générer un champ d'ondes réel proche du champ d'ondes 15 objectif dans le milieu, ce champ d'ondes objectif correspondant à un signal objectif  $oj(t)$  pour chaque transducteur j du deuxième réseau,

(b) faire capter par chaque transducteur j du deuxième réseau un signal  $rj(t)$  résultant du champ d'ondes 20 généré par les signaux  $ei(t)$ ,

(c) déterminer un signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$ , pour chaque transducteur j du deuxième réseau,  $dj(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $dj(t)=rj(t)-oj(t)$ ,

(d) faire émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  par chaque transducteur j du deuxième réseau,

(e) faire capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur i du premier réseau à partir des ondes 30 générées par les signaux de différence temporellement inversés  $dj(-t)$ ,

(f) déterminer un signal de correction  $ci(t)=\beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur i du premier

réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\vec{e}\| \|\vec{d}\|) / (\|\vec{r}\| \|\vec{c}\|)$ , où  $\vec{e} = [ei(t)]$ ,  $\vec{d} = [dj(t)]$ ,  $\vec{r} = [rj(t)]$ ,  $\vec{c} = [ci(t)]$  et  $\|\cdot\|$  désigne une norme vectorielle,

5 (g) corriger le signal  $ei(t)$  en lui soustrayant  $ci(t)$ .

Grâce à ces dispositions, on parvient à générer très précisément le champ d'ondes objectif, après une ou plusieurs itérations de la séquence de correction et ce 10 même dans un milieu de propagation très dissipatif et/ou hétérogène.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

15 - la séquence de correction est répétée plusieurs fois ;

- la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal  $ei(t)$  pour 20 chaque transducteur  $i$  du premier réseau ;

- au cours de l'étape initiale, on détermine l'inversion temporelle  $oj(-t)$  du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième réseau, on fait émettre ladite inversion temporelle  $oj(-t)$  du signal objectif par 25 chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau, on fait capter par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $e'i(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $oj(-t)$ , et on détermine le signal  $ei(t) = e'i(-t)$  pour chaque transducteur du premier réseau,  $e'i(-t)$  étant l'inversion 30 temporelle du signal  $e'i(t)$  ;

- la norme vectorielle est définie comme suit :

$\|\vec{x}\| = \|[x_m(t)]\| = \text{Max}(|x_m(t)|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$  ;

- le champ d'ondes est un champ d'ondes

acoustiques ;

- le champ d'ondes est un champ d'ondes électromagnétiques ;

5 - les ondes sont générées par un système de télécommunication.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard du dessin joint.

10 Sur le dessin, la figure 1 est un schéma de principe représentant un exemple de dispositif permettant de mettre en œuvre l'invention.

Le dispositif 1 de génération d'ondes représenté sur le dessin peut être notamment :

15 - un dispositif de génération d'ondes acoustiques, auquel cas il peut s'agir par exemple d'un dispositif d'imagerie ultrasonore, d'un dispositif de sonorisation, d'un dispositif anti-bruit actif, d'un dispositif de thérapie ultrasonore (par exemple, lithotritie), ou d'un dispositif de communication, notamment sous-marine, par ondes acoustiques,

- ou, le cas échéant, un dispositif de génération d'ondes électromagnétiques, auquel cas il peut s'agir d'un dispositif de télécommunications.

25 Le dispositif 1 est destiné à générer des ondes dans un milieu 2, qui suivant le cas, peut être :

- une partie d'un corps humain ou animal à imager ou à traiter (imagerie médicale ultrasonore ou thérapie ultrasonore),

30 - une partie d'un objet à imager (imagerie industrielle ultrasonore),

- le milieu sous-marin ou souterrain (télécommunications par voie acoustique),

- un lieu public ou privé (sonorisation ou système anti-bruit actif),
- une partie de la surface terrestre avec les couches basses correspondantes de l'atmosphère (télécommunications radio entre des bases fixes et des mobiles),
- la surface terrestre et l'atmosphère y compris ses couches hautes (télécommunications terrestres à longue distance par voie radio ou télécommunications radio entre la terre et un ou plusieurs satellites), etc.

Dans les différentes applications susmentionnées, il est nécessaire de pouvoir générer avec le plus de précision possible un ou plusieurs champs d'ondes objectifs prédéterminés dans le milieu 2, par exemple pour pouvoir focaliser les ondes émises par un premier réseau de transducteurs T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> ... T<sub>n</sub> en un ou plusieurs points du milieu 2 ou le cas échéant pour générer des champs d'ondes plus complexes.

L'intérêt de pouvoir effectuer une focalisation de grande précision peut être par exemple de réaliser une image d'une partie du milieu 2 avec une grande précision, ou de détruire sélectivement une partie du milieu 2 (thérapie ultrasonore), et encore d'envoyer un ou plusieurs messages à des endroits spécifiques du milieu et non dans le reste du milieu 2 (soit dans un souci de discrétion, soit dans un souci d'éviter les interférences entre les différents messages et de permettre ainsi une augmentation du débit de télécommunications).

Le premier réseau comprend un nombre n au moins égal à 1 (avantageusement au moins égal à 2) de transducteurs T<sub>1</sub>-T<sub>n</sub> capables d'émettre et de recevoir des ondes, par exemple ultrasonores.

Les signaux e<sub>i</sub>(t) qui doivent être émis par les

transducteurs  $T_i$  pour obtenir le ou les champs d'ondes objectifs prédéterminés, sont obtenus au cours d'une étape d'apprentissage, au cours de laquelle un deuxième réseau de transducteurs  $T'1-T'm$  est utilisé.

5 Ce deuxième réseau comprend un nombre  $n$  au moins égal à 1 (avantageusement au moins égal 2) de transducteurs  $T'1-T'm$  de même type que les transducteurs  $T1-Tn$ .

10 Ce deuxième réseau peut être distinct du premier réseau  $T1-Tn$ , et n'être mis en place dans le milieu 2 qu'au cours de l'étape d'apprentissage, puis enlevé.

15 Il serait toutefois possible de concevoir de mettre en œuvre le procédé de la présente invention avec un ensemble de transducteurs restant en place en permanence dans le milieu, certains de ces transducteurs servant à constituer le premier réseau de transducteurs et d'autres de ces transducteurs servant à constituer le second réseau de transducteurs pendant la phase d'apprentissage. Au moins certains transducteurs pourraient d'ailleurs être communs aux premier et deuxième réseaux ou encore appartenir soit 20 au premier réseau, soit au deuxième réseau suivant le champ d'ondes objectif que l'on cherche à obtenir (et notamment suivant le point du milieu 2 sur lequel on cherche à focaliser les ondes émises).

25 Les différents transducteurs  $T1-Tn$ ,  $T'1-T'm$  sont commandés par un dispositif de commande électronique 3 qui ne sera pas décrit en détails ici. Ce dispositif de commande peut par exemple être identique ou similaire au dispositif de commande décrit dans le document WO-A-02/32316 susmentionné lorsque le dispositif 1 est un 30 dispositif d'imagerie ou de thérapie acoustique ultrasonore.

Les signaux  $ei(t)$  déterminés au cours de l'étape d'apprentissage pour chaque transducteur  $Ti$  du premier

réseau permettent par exemple de générer dans le milieu 2 un champ d'ondes focalisé uniquement en un point où est situé l'un des transducteurs du deuxième réseau, par exemple le transducteur T'1.

5        Cette étape d'apprentissage peut bien entendu être renouvelée pour chacun des transducteurs T'1-T'm du deuxième réseau, de façon à déterminer à chaque fois des signaux  $ei(t)$  permettant de focaliser le champ d'ondes sur l'un quelconque des points où est situé l'un des  
10 transducteurs T'j du deuxième réseau.

Dans tous les cas de figure, au cours d'une même étape d'apprentissage, on détermine les signaux  $ei(t)$  qui doivent être émis par les transducteurs  $Ti$  du premier réseau pour obtenir des signaux objectifs  $oj(t)$   
15 correspondant au champ d'ondes objectif au niveau de chaque transducteur  $T'j$  du deuxième réseau.

Le dispositif de commande 3 peut éventuellement avoir en mémoire, à l'avance, des valeurs initiales des signaux  $ei(t)$  permettant d'obtenir approximativement le  
20 champ d'ondes souhaité.

Toutefois, dans un mode de réalisation préféré de l'invention, ces valeurs initiales des signaux  $ei(t)$  sont déterminées au cours d'une étape initiale dans laquelle :

- on fait émettre simultanément par les  
25 transducteurs  $Tj$  du deuxième réseau, des signaux  $oj(-t)$ , résultant de l'inversion temporelle des signaux objectifs  $oj(t)$  (dans le cas où les signaux objectifs  $oj(t)$  consistent soit en de simples impulsions à  $t=0$ , soit en des signaux plats, cette étape revient simplement à faire  
30 émettre les signaux objectifs  $oj(t)$  par les transducteurs  $T'j$ ),

- on fait capter par les transducteurs  $Ti$  du premier réseau des signaux  $e'i(t)$  résultant du champ

d'ondes générée par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine la valeur initiale  $e_i(t)$  par inversion temporelle des signaux  $e'i(t)$  susmentionnés :  $e_i(t) = e'i(-t)$ .

5 Une fois déterminée la valeur initiale du signal  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $T_i$  du premier réseau, on procède à une ou plusieurs itérations de la séquence de correction suivantes :

10 (a) on fait émettre simultanément par les différents transducteurs  $T_i$  du premier réseau les signaux  $e_i(t)$ ,

(b) on fait capter, par les différents transducteurs  $T'_j$  du deuxième réseau, des signaux  $r_j(t)$  résultant du champ d'ondes générée par les signaux  $e_i(t)$ ,

15 (c) on détermine un signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,  $d_j(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $d_j(t) = r_j(t) - o_j(t)$ ,

20 (d) on fait émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $d_j(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

(e) on fait capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $d_j(-t)$ ,

25 (f) on détermine un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{r}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [e_i(t)]$ ,  $\bar{d} = [d_j(t)]$ ,

30  $\bar{r} = [r_j(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\cdot\|$  désigne une norme vectorielle (par exemple telle que  $\|\bar{x}\| = \|[x_m]\| = \text{Max}(|x_m|)$ ), où  $|x_m(t)|$  désigne

l'amplitude du signal  $x_m(t)$ ). La valeur de  $\beta$  définie ci-dessus (généralement supérieure à 1) permet au processus de correction de converger très rapidement vers des signaux  $ei(t)$  répondant à l'objectif recherché, mais le coefficient 5  $\beta$  pourrait également être pris égal à 1 sans pour autant sortir du cadre de l'invention,

(g) corriger le signal  $ei(t)$  en lui soustrayant  $ci(t)$ .

A l'itération suivante de la séquence de 10 correction, la valeur du signal  $ei(t)$  utilisée à l'étape (a) est ensuite celle précédemment déterminée à l'étape (g) de la séquence de correction décrite ci-dessus.

L'expérience montre que le processus de correction converge très rapidement, en quelques millisecondes, même 15 dans un milieu très dissipatif et/ou hétérogène.

Cette convergence rapide, qui ne nécessite par ailleurs pas de moyens de calcul lourds, permet le cas échéant au système de s'adapter en temps réel à des modifications du milieu lorsque le milieu est changeant, ce 20 qui est notamment le cas dans les applications de télécommunications par voie radio ou par voie acoustique. Dans ce cas, le deuxième réseau de transducteurs ne sera pas enlevé après la ou les étapes d'apprentissage de départ, mais sera au contraire laissé en place de façon à 25 pouvoir réitérer la ou les étapes d'apprentissage, à intervalles de temps réguliers ou non.

On notera que dans tout le processus d'apprentissage explicité ci-dessus, les signaux émis sont donnés à des coefficients multiplicatifs constants (non 30 nuls) près.

Une fois la ou les étapes d'apprentissage terminées le dispositif de génération d'ondes 1 est capable de générer un ou plusieurs champs d'ondes prédéterminés dans le milieu 2 avec une très grande précision.

35 Par exemple, dans le cas où on aurait procédé à

plusieurs étapes d'apprentissage permettant de générer avec précision une impulsion localisée uniquement en un point occupé par un transducteur  $T'j$  du deuxième réseau, on peut ensuite :

5 - dans les applications d'imagerie, générer des impulsions localisées en des points quelconques du milieu 2 (en générant des signaux  $Ei(t)$  obtenus soit par des procédés simples d'interpolation entre les signaux d'émission  $ei(t)$ , permettant de focaliser les ondes 10 respectivement sur plusieurs transducteurs  $j$  du deuxième réseau, soit par des procédés plus complexes tels que ceux décrits par exemple dans le document WO-A-02/32316 susmentionné),

15 - dans les applications de thérapie ultrasonore, générer une impulsion d'ondes de grande amplitude en un point particulier du milieu destiné à être détruit, ce point particulier pouvant correspondre soit à l'emplacement d'un des transducteurs  $T'j$  du deuxième réseau, soit à un point différent du milieu 2, auquel cas les signaux 20 permettant de générer cette impulsion sont déterminés comme expliqué au paragraphe précédent,

- dans les applications de télécommunications, générer un signal porteur d'informations en un point du milieu 2 (comme aux deux alinéas précédents, ce point du milieu 2 peut être l'un des points occupés par les transducteurs du deuxième réseau ou un autre point du milieu, auquel cas on détermine les signaux à émettre  $Ei(t)$  par interpolation ou par des procédés plus complexes tels que ceux décrits dans le document WO-A-02/32316 à partir 30 des différents signaux  $ei(t)$ , permettant de focaliser, les ondes sur les points occupés par les transducteurs  $Tj$  du deuxième réseau), ce signal porteur d'informations étant obtenu en faisant émettre par les transducteurs  $Ti$  des

11

signaux  $S_i(t) = E_i(t) \otimes S(t)$  égaux au produit de convolution des signaux  $E_i(t)$ , avec le signal  $S(t)$  porteur d'informations qui doit être transmis au point voulu.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour générer un champ d'ondes objectif prédéterminé dans un milieu au moyen d'un premier réseau 5 comprenant au moins un transducteur, ce procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine, en transmettant des ondes dans le milieu entre le premier réseau et un deuxième réseau comprenant au moins un transducteur, des signaux  $ei(t)$  à émettre par chaque 10 transducteur  $i$  du premier réseau pour générer ledit champ d'ondes prédéterminé dans le milieu,  
**caractérisé en ce que** l'étape d'apprentissage comprend la séquence de correction suivante :

(a) faire émettre simultanément par chaque 15 transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $ei(t)$  déterminé par avance et permettant de générer un champ d'ondes réel proche du champ d'ondes objectif dans le milieu, ce champ d'ondes objectif correspondant à un signal objectif  $oj(t)$  pour chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

20 (b) faire capter par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau un signal  $rj(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $ei(t)$ ,

(c) déterminer un signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  pour chaque transducteur  $j$  du 25 deuxième réseau,  $dj(-t)$  étant l'inversion temporelle de la différence  $dj(t) = rj(t) - oj(t)$ ,

(d) faire émettre simultanément le signal de différence temporellement inversé  $dj(-t)$  par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

30 (e) faire capter un signal  $c'i(t)$  par chaque transducteur  $i$  du premier réseau à partir des ondes générées par les signaux de différence temporellement inversés  $dj(-t)$ ,

(f) déterminer un signal de correction  $c_i(t) = \beta \cdot c'i(-t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau,  $c'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal capté  $c'i(t)$  et  $\beta$  étant un nombre réel positif non nul  
5 choisi de façon que  $\beta < (\|\bar{e}\| \|\bar{d}\|) / (\|\bar{r}\| \|\bar{c}\|)$ , où  $\bar{e} = [e_i(t)]$ ,  $\bar{d} = [d_j(t)]$ ,  
 $\bar{r} = [r_j(t)]$ ,  $\bar{c} = [c'i(t)]$  et  $\|\ \|$  désigne une norme vectorielle,

(g) corriger le signal  $e_i(t)$  en lui soustrayant  $c_i(t)$ .

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la  
10 séquence de correction est répétée plusieurs fois.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la séquence de correction est précédée d'une étape initiale au cours de laquelle on détermine expérimentalement une première valeur du signal  
15  $e_i(t)$  pour chaque transducteur  $i$  du premier réseau.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel, au cours de l'étape initiale :

- on détermine l'inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif pour chaque transducteur du deuxième  
20 réseau,

- on fait émettre ladite inversion temporelle  $o_j(-t)$  du signal objectif par chaque transducteur  $j$  du deuxième réseau,

- on fait capter par chaque transducteur  $i$  du premier réseau un signal  $e'i(t)$  résultant du champ d'ondes généré par les signaux  $o_j(-t)$ ,

- et on détermine le signal  $e_i(t) = e'i(-t)$  pour chaque transducteur du premier réseau,  $e'i(-t)$  étant l'inversion temporelle du signal  $e'i(t)$ .

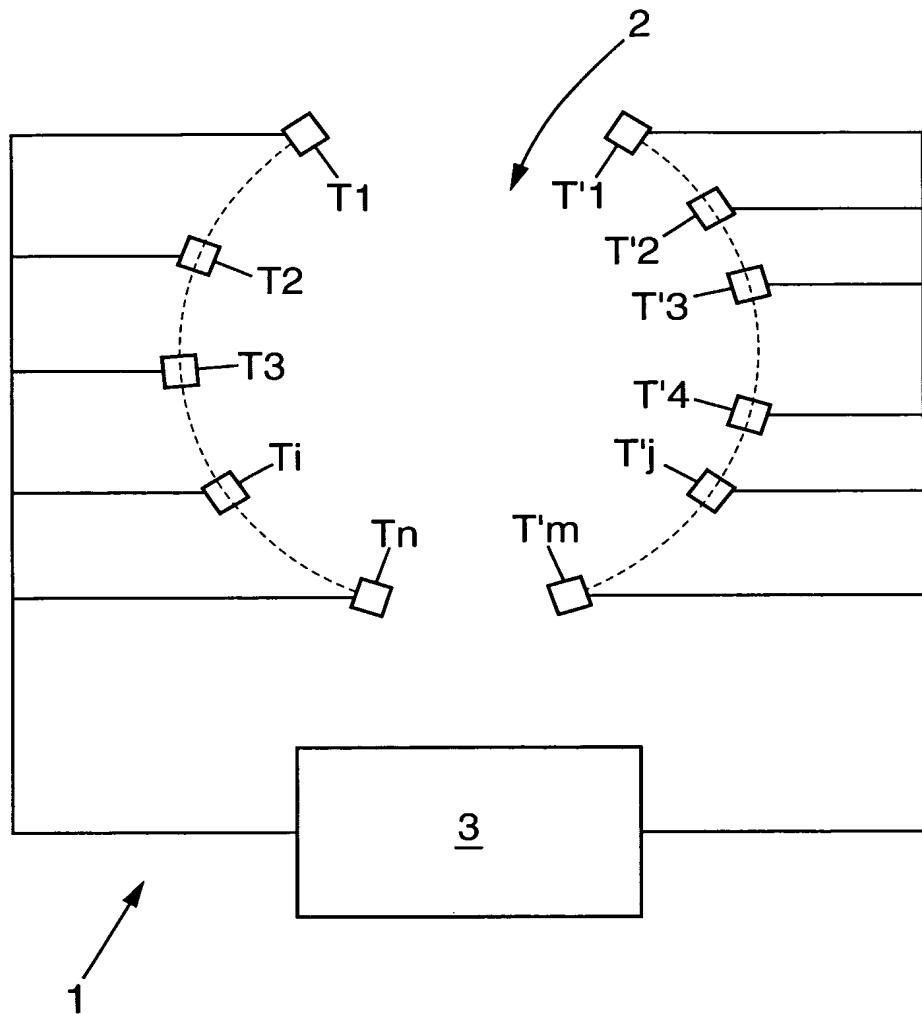
30 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la norme vectorielle est définie comme suit :  $\|\vec{x}\| = \|[x_m]\| = \text{Max}(|x_m|)$ , où  $|x_m(t)|$  désigne l'amplitude du signal  $x_m(t)$ .

14

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le champ d'ondes est un champ d'ondes acoustiques.

7. Procédé selon l'une quelconque des 5 revendications 1 à 5, dans lequel le champ d'ondes est un champ d'ondes électromagnétiques.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les ondes sont générées par un système de télécommunication.

**FIG. 1**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/FR 03/01617

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 A61B7/02 B06B1/00 G10K11/26 G10K11/34 A61B8/15

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 A61B G10K B06B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 815 717 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 26 April 2002 (2002-04-26) cited in the application page 2, line 9 -page 4, line 28; figure 1 ---	1-8
A	FR 2 700 878 A (INST NAT SANTE RECH MED;TECHNOMED INT SA) 29 July 1994 (1994-07-29) page 7, line 15 -page 9, line 35 figures 1-8 figure 1 --- -/-	1-8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 2003

Date of mailing of the international search report

30/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Modesto, C

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat'l Application No  
PCT/FR 03/01617

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CASSEREAU D ET AL: "Theoretical and experimental analysis of focusing techniques through liquid-solid interfaces" ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1994. PROCEEDINGS., 1994 IEEE CANNES, FRANCE 1-4 NOV. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 1 November 1994 (1994-11-01), pages 1075-1080, XP010139694 ISBN: 0-7803-2012-3 the whole document ----	1-8
A	CHAKROUN N ET AL: "Ultrasonic nondestructive testing with time reversal mirrors" ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1992. PROCEEDINGS., IEEE 1992 TUCSON, AZ, USA 20-23 OCT. 1992, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 20 October 1992 (1992-10-20), pages 809-814, XP010103667 ISBN: 0-7803-0562-0 the whole document ----	1-8
A	US 5 207 214 A (ROMANO ANTHONY J) 4 May 1993 (1993-05-04) column 4, line 36 -column 8, line 55 figures 2,3 -----	1-8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internal Application No  
PCT/FR 03/01617

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
FR 2815717	A	26-04-2002	FR 2815717 A1 AU 1240902 A EP 1326536 A1 WO 0232316 A1	26-04-2002 29-04-2002 16-07-2003 25-04-2002
FR 2700878	A	29-07-1994	FR 2700878 A1 CA 2132432 A1 DE 69417639 D1 DE 69417639 T2 EP 0632920 A1 WO 9417514 A1 IL 108392 A US 5738635 A US 5743863 A	29-07-1994 23-07-1994 12-05-1999 02-09-1999 11-01-1995 04-08-1994 18-02-1997 14-04-1998 28-04-1998
US 5207214	A	04-05-1993	US 5613940 A	25-03-1997

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

Demande nationale No

PCT/FR 03/01617

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 A61B7/02 B06B1/00

G10K11/26

G10K11/34

A61B8/15

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 A61B G10K B06B

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 815 717 A (CENTRE NAT RECH SCIENT) 26 avril 2002 (2002-04-26) cité dans la demande page 2, ligne 9 -page 4, ligne 28; figure 1 ---	1-8
A	FR 2 700 878 A (INST NAT SANTE RECH MED;TECHNOMED INT SA) 29 juillet 1994 (1994-07-29) page 7, ligne 15 -page 9, ligne 35 figures 1-8 figure 1 --- -/-	1-8

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23 octobre 2003

30/10/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Modesto, C

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande	rnationale No
PCT/FR 03/01617	

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	CASSEREAU D ET AL: "Theoretical and experimental analysis of focusing techniques through liquid-solid interfaces" ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1994. PROCEEDINGS., 1994 IEEE CANNES, FRANCE 1-4 NOV. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 1 novembre 1994 (1994-11-01), pages 1075-1080, XP010139694 ISBN: 0-7803-2012-3 1e document en entier ---	1-8
A	CHAKROUN N ET AL: "Ultrasonic nondestructive testing with time reversal mirrors" ULTRASONICS SYMPOSIUM, 1992. PROCEEDINGS., IEEE 1992 TUCSON, AZ, USA 20-23 OCT. 1992, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 20 octobre 1992 (1992-10-20), pages 809-814, XP010103667 ISBN: 0-7803-0562-0 1e document en entier ---	1-8
A	US 5 207 214 A (ROMANO ANTHONY J) 4 mai 1993 (1993-05-04) colonne 4, ligne 36 -colonne 8, ligne 55 figures 2,3 -----	1-8

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No

PCT/FR 03/01617

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2815717	A	26-04-2002	FR AU EP WO	2815717 A1 1240902 A 1326536 A1 0232316 A1	26-04-2002 29-04-2002 16-07-2003 25-04-2002
FR 2700878	A	29-07-1994	FR CA DE DE EP WO IL US US	2700878 A1 2132432 A1 69417639 D1 69417639 T2 0632920 A1 9417514 A1 108392 A 5738635 A 5743863 A	29-07-1994 23-07-1994 12-05-1999 02-09-1999 11-01-1995 04-08-1994 18-02-1997 14-04-1998 28-04-1998
US 5207214	A	04-05-1993	US	5613940 A	25-03-1997